Ueber die Lage des Phanerogamen-Embryo.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung

der

Doktorwürde in den Natnrwissenschaften

einer

hohen naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen

vorgelegt von

Bernhard Schmid

aus Ulm.

Mit 1 Tafel.

CASSEL.
Druck von Gebrüder Gotthelft.
1894.

Separat-Abdruck
aus Bot. Centralblatt 1894
Bd. LVIII.

Angenommen den 10. Januar 1894.

Herrn Professor Dr. **Vöchting** möchte ich an dieser Stelle für die mir zu Theil gewordene Anregung und Unterstützung meinen

herzlichen Dank

aussprechen.

Der Verfasser.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552309_0061

Einleitung.

Die Frage nach dem Einfluss äusserer Kräfte, insbesondere des Lichts und der Schwerkraft, auf organisches Wachsthum hat seit längerer Zeit Botaniker wie Zoologen lebhaft beschäftigt und eine Menge eingehender Untersuchungen zur Folge gehabt.

Unter den verschiedenen Objekten, deren Erforschung der Lösung dieser Frage nahe zu kommen verspricht, ist es vorzugsweise die Eizelle, auf welche denn auch die Untersuchungen vornehmlich ihr Augenmerk richteten, da dieser einzellige Organismus bei äusserlich einfachem Bau eine verhältnissmässig rasch sich vollziehende und leicht zu beobachtende Entwickelung aufweist.

Besonders war es die Richtung der ersten auftretenden Theilungswand, welche das Interesse in Anspruch nahm, weil deren Richtung für die fernere Differenzirung massgebend ist.

Im Folgenden wird nur derjenigen Untersuchungen Erwähnung geschehen, welche sich auf die Theilungsvorgänge von Fortpflanzungsorganen beziehen.

Man kann zwei Wege unterscheiden, welche die Forscher eingeschlagen haben. Die einen untersuchten die Stellungsverhältnisse der Objekte so, wie sie in der Natur sich ihnen darboten, und zogen aus der mehr oder weniger grossen Regelmässigkeit Schlüsse auf die Wirkung der Ursachen, welche diese Stellung bewirkten. Die anderen beobachteten die Objekte in ihrem Verhalten, welches diese bei verschiedenen künstlich hervorgerufenen Lagen zeigten, um so auf experimentelle Weise zum Ziele zu kommen.

Den ersteren Weg schlug Hofmeister [1]) ein. Im Anschluss an seine Erörterungen über den Einfluss in Richtung der Lotlinie wirkender Kräfte auf Blattstellungen zieht er auch die Stellung der Kotyledonen in den Bereich seiner Betrachtung und kommt zu dem Schluss, dass „die Stellung der Kotyledonen phanerogamer Pflanzen sich in erster Linie abhängig zeigt von der Form des Querschnitts des Embryosacks in derjenigen Region, innerhalb deren die embryonale Axe ihr erstes Blatt oder ihr erstes Blattpaar entwickelt", und ferner, „dass die Kotyledonen einen in Bezug auf die Medianebene des Eichens oder der Blüthe orientirte Stellung einhalten, ohne Rücksicht auf die Neigung der embryonalen Axe gegen den Horizont."

Trotzdem bringt Hofmeister die Stellung der Ovula und Samen zahlreicher Familien, darunter auch die der *Ranunculaceen*, in Zusammenhang mit der Lotrichtung. Diese Angaben sind zwar für manche Gattungen wie z. B. *Clematis*, *Pulsatilla* u. A. richtig, stimmen aber für andere wie z. B. *Delphinium*, *Helleborus*

[1]) Wilh. Hofmeister, Allgemeine Morphologie der Gewächse Leipzig 1868. § 23.

mit den Thatsachen nicht überein, da die Samenknospen dieser letztgenannten Gattungen eine vorwiegend horizontale Lage der Medianebene besitzen. Auf diese Weise liessen sich noch zahlreiche Beispiele anführen, welche die Zahl der „Ausnahmen“ Hofmeisters zu vermehren im Stande wären.

Die Vermuthung dieses Autors, dass die ähnlichen Stellungsverhältnisse zahlreicher Familien eine Beziehung zur Schwerkraft wahrscheinlich machen, hat die vorliegende Arbeit nicht nur nicht bestätigt, sondern vom Gegentheil den Beweis erbracht.

Auch in den Werken der Systematiker finden wir zwar zahlreiche Angaben über die Stellung der Samenknospen und theilweise auch des Embryo. Diese Angaben beziehen sich aber auf die Lage innerhalb des Fruchtknotens. Da nun die Orientirung dieses letzteren zum Erdradius nicht berücksichtigt wird, so können wir auf die Lage der Samenknospen und des Embryo zum Erdradius keine Schlüsse ziehen.

Weitaus die Mehrzahl der Forscher hat den zweiten Weg eingeschlagen, den des Experiments. Diesen wählte auch Pflüger, [1]) durch den die Frage nach dem Einfluss der Schwerkraft auf die Organismen dank seiner grosses Aufsehen erregenden Untersuchungen „über die Einwirkung der Schwerkraft auf die Theilung der Zellen speziell am Froschei“, erst recht in Fluss kam. Pflüger behauptete, dass, während die in eine weisse und schwarze Hemisphäre getheilten Eier unbefruchtet jede Lage zum Erdradius einnehmen, sie sich nach der Befruchtung so orientirten, dass jedesmal die schwarze Hemisphäre nach oben schaue, und ferner, dass sowohl bei dieser normalen, als bei jeder andern dem Ei aufgenöthigten Lage die erste Theilungswand stets in die Lotlinie falle. Pflüger sieht darin die Folge der Wirkung der Schwerkraft und „den speziellen Fall eines allgemeineren noch unbekannten Gesetzes, wonach die Schwerkraft die Organisation überhaupt beherrschen soll.“

Die Folgerungen, welche Pflüger aus seinen Resultaten zog, haben aber eine gründliche Widerlegung und seine Ergebnisse eine Deutung in ganz anderem Sinn erfahren.

Während zwar Rauber[2]) durch seine an Forelleneiern mit einem Centrifugalapparat angestellten Untersuchungen, deren Deutung von Roux mit Recht angefochten wird, die Ergebnisse Pflügers bestätigt, beweisen Roux, [3]) Born [4]) und O. Hertwig, [5]) dass die Eigenschaft des Froscheies, sich mit der schwarzen Halbkugel

---

[1]) E. Pflüger, Archiv für die gesammte Physiologie. Band XXXI. 1883. XXXII. 1884.

[2]) A. Rauber, Schwerkraftsversuche an Forelleneiern. (Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Leipzig, 1884. 12. Febr.)

[3]) W. Roux, Ueber die Entwicklung der Froscheier bei Aufhebung der richtenden Wirkung der Schwere. (Sep.-Abdr. aus der Breslauer ärztlichen Zeitschrift 1884. Nr. 6.)

[4]) G. Born, Ueber den Einfluss der Schwere auf das Froschei. (Archiv für mikroskopische Anatomie. Band XXIV. Bonn 1885.)

[5]) O. und R. Hertwig, Zur Morphologie und Physiologie der Zelle. Heft 2. Jena 1884.

nach oben lotrecht einzustellen, keine Folge der Befruchtung, sondern schon vorher, nur in geringerem Maasse, vorhanden, dass diese vielmehr eine Folge der verschiedenen spezifischen Gewichte der Dotter sei, wofern der weisse grobkörnige ein schwereres, der braune fein granulirte ein leichteres Gewicht besitzen solle.

Roux brachte aber dadurch, dass er zeigte, dass Eier an einem langsam rotirenden Klinostat befestigt sich normal theilten und entwickelten, direkt den Beweis, dass ein Einfluss der Schwerkraft auf die Theilung der Eier nicht vorhanden ist und dass folglich die Schlüsse Pflügers als unhaltbar angenommen werden müssen.

Nachdem auf diese Weise die Selbstdifferenzirung der Froscheier nachgewiesen war, ist bis heute im Thierreich kein Beispiel bekannt geworden, an dem der Einfluss äusserer Kräfte auf Zelltheilungsvorgänge von Sexualorganen sich nachweisen liesse.

Anders liegt die Sache im Pflanzenreich. Wenn wir bei den niedrigsten Formen beginnen, so ist zu erwähnen eine Untersuchung von Rosenvinge [1]) an *Fucaceen.* Während dieser Autor einen Einfluss der Schwerkraft nirgends nachzuweisen vermochte, zeigte sich mit Ausnahme von *Fucus serratus* ein Einfluss des Lichtes insofern, als die erste Wand der Eier häufig senkrecht zu den einfallenden Lichtstrahlen angelegt war und dass die von der Lichtquelle abgewandte Seite die Rhizoiden hervorsprossen liess. Am meisten empfindlich gegen die Einwirkung des Lichtes erwies sich *Pelvetia caniculata,* während *Fucus serratus* gar keine Einwirkung zeigte.

Die Untersuchungen zeigen, wie vorsichtig man mit der Verallgemeinerung der Resultate sein muss, die man bei einer Art gefunden, da hier die Familie grosse Unterschiede aufweist.

De Bary [2]) hat auf Grund gewisser Vorgänge bei der Keimung der Oosporen von *Characeen* die Vermuthung ausgesprochen, es möchten geocentrische Kräfte hierbei thätig sein. Wegen der Schwierigkeiten des experimentellen Beweises blieb es aber bei der Vermuthung.

Bei den Lebermoosen gab die regelmässige Stellung der Brutknospen, speciell bei *Lunularia vulgaris,* Vöchting [3]) die Veranlassung zur Untersuchung, ob diese Stellung irgendwie in Beziehung zur Schwerkraft stehe. Es ergab sich ein negatives Resultat.

Am frühesten und zugleich zahlreichsten liegen Untersuchungen über die Theilung des Embryo bei den Gefässkryptogamen vor. Hier war es Leitgeb [4]) und bald darauf Sadebeck, [5])

---

[1]) M. L. K. Rosenvinge: Influence des agents extérieurs sur l'organisation polaire et dorsiventrale des plantes. (Revue générale de Botanique. Paris 1889.)

[2]) Bot. Zeitung. 1875. pag 415 ff.

[3]) H. Vöchting, Ueber die Regeneration der *Marchantieen.* (Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftl. Botanik. Band XVI, Heft 3. Berlin 1885.)

[4]) Zur Embryologie der Farne 1878. (Sitzungsberichte d. Wiener Akademie. Band LXXVII. Abtheilung I. pag 222.)

[5]) Schenk's Handbuch. Bd. I. pag 210.

welche beide an *Marsilea quadrifolia* Forschungen anstellten. Leitgeb kam zu dem Resultat, dass bei horizontaler Lage der Spore die erste Theilungswand stets horizontal angelegt wird und die Wurzel stets aus einem erdwärts-, der Stamm aus einem zenithwärts gerichteten Quadranten entspringen. Dagegen hat die Schwerkraft bei aufrechter Stellung der Spore keinen richtenden Einfluss mehr, sondern die Anlage der ersten Wand wird durch die Lage des Archegoniums bestimmt.

Die Behauptung Sadebeks, dass wohl bei allen Filicinen die erste Theilung in eine hypobasale und epibasale Hälfte mittelst horizontaler Anlegung der ersten Wand sich vollziehe, und dass diese auf einem Einfluss der Schwerkraft beruhe, hat in der Folge zwei direkte Gegenbeweise erfahren, welche wiederum zeigen, welche Vorsicht bei der Verallgemeinerung derartiger Ergebnisse nothwendig ist.

Leitgeb[1]) fand nämlich bei *Ceratopteris thalictroides* keinen Einfluss äusserer Kräfte auf die Entwicklung des Embryo, sondern die Theilung der Eizelle abhängig nur von der Lage im Archegonium.

Ebenso fand Heinricher[2]) bei seinen Untersuchungen über die *Polypodiaceen* die Entwicklung des Embryo unabhängig von der Schwerkraft.

Dagegen zeigen die Untersuchungen Stahl's[3]) über die Einwirkung des Lichtes auf die Sporen von *Equisetum limosum* und *variegatum*, dass bei der Keimung die Kernspindel sich stets in die Richtung der einfallenden Lichtstrahlen zu stellen sucht, und folglich die erste Theilungswand stets senkrecht zu dieser gebildet wird.

Während also, wie wir gesehen haben, an Kryptogamen bereits eine beträchtliche Anzahl von Untersuchungen über den Einfluss insbesondere der Schwerkraft auf die Entwicklung des Embryo angestellt wurden, liegen hinsichtlich der Phanerogamen bis jetzt nur ganz vereinzelte Angaben über den Gegenstand vor.

In erster Linie sind hier zu nennen die Untersuchungen Vöchtings[4]) am Embryo von *Papaver*. Anlässlich des Studiums der Bewegungen der Blüten und Früchte fand Vöchting in der Krümmung des Blütenstiels von *Papaver* eine Wirkung der Schwerkraft. Der fernere Nachweis, dass im Fruchtknoten der Sitz dieser Bewegung zu suchen ist, veranlasste die weitere Frage, ob innerhalb dieses die Samenknospen und in letzter Linie die Eizelle massgebend für die genannte Bewegung seien. Da eine experimentelle Lösung durch Entfernung der Samenknospen von der Placenta einen zu tiefen Eingriff in das Leben der Pflanze dargestellt hätte, wodurch pathologische Vorgänge nicht ausge-

---

[1]) Sitzungsberichte der Wiener Academie. Band LXXX. 1879. Abtheilung I. p. 201.

[2]) Mittheilungen aus dem bot. Institut zu Graz. Jena 1888. Heft 2.

[3]) Berichte der deutschen botanische Gesellchaft. Bd. III. 1885. p. 334.

[4]) H. Vöchting, Die Bewegungen der Blüten und Früchte. Bonn 1882. p. 92 ff.

schlossen gewesen wären, liess Vöchting die Samen in einer gegen die normale Lage um 180° gedrehten, in Beziehung auf den Erdradius also verkehrten Lage sich entwickeln; die Pflanzen erzeugten normale reife Samen, welche sich zuletzt zu solchen Pflanzen entwickelten, welche von normal gewachsenen nicht zu unterscheiden waren und normale Samen hervorbrachten.

Damit war bewiesen, dass der Embryo von *Papaver* auch bei inverser Lage sich normal zu entwickeln vermag, dass also eine Wirkung der Schwerkraft in diesem Falle ausgeschlossen ist.

Scholtz,[1]) der die Versuche von Vöchting mit *Papaver* nachprüfte und bestätigt fand, hat zwar das Experiment der Ablösung der Samenknospen von ihren Placenten angestellt; den Resultaten ist aber aus oben erwähnten Gründen eine Bedeutung nicht beizumessen.

Eine zweite Mittheilung über den Einfluss der Schwerkraft auf die Entwicklung des Phanerogamenembryo rührt ebenfalls von Vöchting[2]) her, und zwar steht diese in der schon oben genannten Arbeit über die *Marchantieen*. Hier wurde eine blühende dikotyle Pflanze, *Mercurialis annua*, — den Namen, der in dem Werk nicht genannt ist, verdanke ich der mündlichen Mittheilung meines verehrten Lehrers — am Klinostaten der Drehung ausgesetzt, bestäubt und die Entwicklung der Samen in dieser Lage abgewartet. Diese letzteren waren normal, ein Einfluss der Schwerkraft also ausgeschlossen.

Rosenvinge[3]) giebt in der oben citirten Schrift an, dass er mit dem Embryo von *Begonia* Untersuchungen über den Einfluss äusserer Kräfte angestellt habe, welche indes ebenfalls ein negatives Resultat ergaben.

Ueberblicken wir die Angaben über Lage der Samenknospen und des Embryo zum Erdradius, so ist ihre geringe Zahl besonders im Vergleich mit denen aus dem Gebiete der Kryptogamen unverkennbar. Der Grund für diese Thatsache dürfte wohl vorwiegend in der Schwierigkeit der hier herrschenden Umstände zu suchen sein.

Während bei den Kryptogamen das zu uutersuchende Object meist leicht zu beobachten, und seine Stellung eine einfache, über die Zeit der Entwicklung constante ist, liegen die Verhältnisse bei den Phanerogamen weit verwickelter. Hier ergiebt sich die Lage der in der Samenknospe eingeschlossenen Eizelle aus einer Reihe von Factoren. Solche sind erstens die Lage des Embrxosacks in der Samenknospe, dessen an die Mikropyle anstossender Theil zugleich den Ort der künftigen Wurzelspitze des Embryo anzeigt und damit ein Mittel an die Hand giebt, um die Lage des Embryo schon zur Blütezeit bestimmen zu können; zweitens die Lage der Samenknospe an der Placenta und drittens die Lage des Fruchtknotens zum Erdradius.

---

[1]) Cohn, Beiträge zur Biologie der Pflanzen. 1892.
[2]) H. Vöchting, über die Regeneration der *Marchantieen*. p. 37.
[3]) l. c. p. 15.

Dazu kommt aber, dass diese Stellung des Fruchtknotens bei vielen Pflanzen in verschiedenen Entwicklungsstadien eine variable ist. Daraus folgt, dass auch die Stellung der Samenknospen durch die vor oder nach, manchmal vor und nach der Befruchtung erfolgende Bewegung eine wechselnde Orientirung aufweisen muss.

Eine Drehung der Längsaxe des Fruchtknotens um 180° ändert zwar bei horizontaler Lage der Samenknospen deren Stellung zum Erdradius nicht; bei jeder anderen Drehung oder bei jeder anderen Lage der Samenknospen ist aber eine Aenderung der Stellung zum Erdradius die unausbleibliche Folge.

Wie wir gesehen haben, sind die Angaben über die Stellung der Samenknospen und des Embryo zum Erdradius recht spärlich vorhanden.

Aufgabe der vorliegenden Untersuchung ist, die hier bestehende Lücke in unserer Kenntniss theilweise auszufüllen. Dabei wurde im 1. Theil der Arbeit auf dem Weg der Beobachtung gegebenen Materials, im 2. Theil auf dem Weg des Experiments das Ziel zu erreichen gesucht.

I. Theil.

Da die Nomenclatur in der Litteratur keine einheitliche ist, so mögen, um Missverständnissen vorzubeugen, einige der unten öfters angewandten Ausdrücke kurz erläutert werden.

Unter der Längsaxe der Samenknospe soll zunächst die durch die Mitte des Embryosacks und die Mikropyle gehende Gerade verstanden werden. Mit Medianebene der Samenknospe soll diejenige Ebene bezeichnet sein, welche durch die Mitte des Funiculus geht und die Längsaxe der Samenknospe aufnimmt. Eine Angabe ihrer Lage bezieht sich stets auf ihre Richtung zur Placenta und zur Längsaxe des Fruchtknotens.

Denjenigen Theil des Embryosackes, welcher nach der Mikropyle hin gerichtet ist, nennen wir nach Strasburger den vorderen Theil desselben. Die Medianebene der Kotyledonen sei diejenige Ebene (nach Hofmeiser,) welche jeden Kotyledon symmetrisch theilt.

Bezüglich der Gestalt der Samenknospe sind diejenigen Bezeichnungen gewählt worden, wie sie sich in der Morphologie von Pax [1]) finden.

Die anatomische Untersuchung.

Um einen Einblick in die Stellungsverhältnisse der Samenknospen und des Embryo zum Erdradius bei den Phanerogamen zu erhalten, wurden 124 Arten aus 64 Familien, und zwar 12 Arten aus 7 Familien der *Monocotylen*, 112 Arten aus 57 Familien der *Dicotylen* auf die Orientirung ihrer Samenknospen und ihres Embryos zum Erdradius untersucht und die Ergebnisse in der auf p. 12 folgenden Tabelle zusammengestellt:

[1]) F. Pax, allgemeine Morphologie der Pflanzen. Stuttgart 1890. pag. 268. ff.

In der Tabelle gebrauchte Abkürzungen:

a = aufrecht.
ab = abgekehrt.
an = anatrop.
c = kampylotrop.
g = geneigt.
h = hängend.
hz = horizontal.
n = nickend.
s o = senkrecht nach oben gerichtet.
s u = „ „ unten „
v = vertikal.
zu = zugekehrt.
M-E = Medianebene.
E-R = Erdradius.

Wie wir oben schon erwähnt haben, ergiebt sich die Stellung der Samenknospen zum Erdradius aus der Stellung des Fruchtknotens zu demselben und aus derjenigen der Samenknospen innerhalb des Fruchtknotens.

Werfen wir einen Blick auf die Lage der Blüte, so ist zwar ein Vorherrschen der aufrechten Stellung bei den aktinomorphen Blüten und ein solches der horizontalen Lage bei den zygomorphen Blüten wohl zu bemerken. Doch giebt es zahlreiche nickende Blüten und ebenso solche in jeder schräg aufwärts gerichteten Stellung.

Wenn wir mit der Stellung des Fruchtknoteos während der Blütezeit diejenige desselben nach der Befruchtung vergleichen, so zeigt sich, dass ungefähr 24 Prozent sämmtlicher untersuchter Pflanzen die Längsaxe ihres Fruchtknotens in Bezug auf ihre Lage zum Erdradius um 90 Grad und mehr verändern, indem die einen Fruchtknoten, z. B. die von *Clematis* und *Delphinium*, nach oben, die anderen, z. B. die von *Linum*, *Ipomoea*, nach unten eine Bewegung beschreiben. Diese Bewegungen könnten nun zu einem gewissen Ausgleich der verschiedenen Stellungsverhältnisse, wie sie vor der Befruchtung herrschen, ausgeführt werden. Dies ist aber keineswegs der Fall, vielmehr vermehren sie eher noch die Mannigfaltigkeit der Lagen.

Die Stellung des Fruchtknotens ist aber nicht blos wechselnd innerhalb der Familien und Gattungen, sondern ein und derselbe Blütenstand, besonders ein solcher, dessen Fruchtknoten auf einem kugelförmigen Blütenboden sitzen, wie bei den *Compositen*, enthält Fruchtknoten von der verschiedensten Stellung zum Erdradius. So wechselt z. B. bei *Echinops Ritro* die Richtung der Blüten von der Stellung senkrecht nach oben bis zu derjenigen senkrecht nach unten. Eine ähnliche Verschiedenheit zeigt die Richtung der einzelnen Karpelle bei den sogenannten Sammelfrüchten, wie bei *Geum*, ferner bei zahlreichen *Ranunculaceen* mit apokarpem Gynäceum. Bei letzteren haben wir zudem noch die interessante Thatsache, dass sich die Lage der Karpelle zum Erdradius während

Uebersicht über die Stellungsverhältnisse von 124 Arten.

Die mit einem * bezeichneten Pflanzen beschreiben mit ihrem Fruchtknoten eine beträchtliche Bewegung, meist beträgt der Winkel mindestens 90°.

Familie.	Art.	Fruchtknotenstellung in der Knospe	Fruchtknotenstellung in der Blüte	Fruchtknotenstellung Befruchtet	Samenknospe Richtung der Gestalt	Samenknospe Richtung der M.-E.	Samenknospe Richtung der Mikrop.	Samenknospenstellung z. E.-R. in der Blüte	Samenknospenstellung z. E.-R. Befruchtet	Bemerkungen.
Liliaceae	1) *Fritillaria imperialis* *	n	n	s o. s u	an. a.	hz	ab	hz	hz	
	2) „ *Meleagris* *	n	n	s. o.	an. a.	hz	ab	hz	hz	
	3) *Erythronium dens canis* *	n	n	s. o.	an. a.	hz	ab	hz	hz	
	4) *Scilla bifolia*	a	a	a	an. a.	hz	ab	meist hz	dto.	
	5) *Hyacinthus*	g	g	g	an. a.	g u. hz	s. u.	g	g u. hz	Winkel v. 0—60° z. Horizontalen.
Amaryllidaceae	6) *Galanthus nivalis*	n	n	s. o.	an. a.	v	s. u.	g	g	Fruchtknoten spät. hängend.
Dioscoreaceae	7) *Dioscorea villosa*	bel.	bel.	bel.	an. h.	v	ab	bel.	bel.	
Iridaceae	8) *Crocus sativus*	a	a	a	an. a.	v	g	g	g	
Bromeliaceae	9) *Vriesea involucrata*	a	a	a	an. a.	g u. hz	g u. hz	hz bis 70° g		
Commelinaceae	10) *Tradescantia discolor*	a	a	a	o		hz	hz	hz	
	11) „ *ciliata*	a	a	a	o		hz	hz	hz	
Aracaceae	12) *Arum maculatum*	g	g	g	o			nahezu hz		etwas nach unten geneigt.
Salicaceae	13) *Salix viminalis*	a	g	g	an. a.	v	s. u.	g	g	
Aristolochiaceae	14) *Aristolochia Clematitis* *	a	hz	s. u.	an. a.	v	hz	s. u.	hz	
Polygonaceae	15) *Rheum officinale* *	a	hz	s. u.	o			hz	s. u.	
	16) *Rumex acetosa* *	a	hz	s. u.	o			hz	s. u.	
Chenopodiaceae	17) *Chenopodium Quinoa*	g	g	g	c		hz	bel.	bel.	
Caryophyllaceae	18) *Arenaria caespitosa*	a	a	a	c		ab	g	g	
	19) *Silene pendula* *	a	hz	a	c			bel.	bel.	
	20) *Lychnis viscaria*	a	a	a	c			gen. n. oben vorwiegend hz		
	21) *Dianthus caryophyllus*	a	a	a	c	wechselnd				
Ranunculaceae	22) *Helleborus niger* *	n	a	n	an.	hz	ab	hz	hz	bei der Reife sich erhebend.
	23) „ *foetidus* *	n	a	n	an.	hz	ab	hz	hz	
	24) *Aquilegia atrata* *	a	n	a	an. a.	hz	ab	hz	hz	
	25) *Delphinium elatum* *	a	hz	a	an. a.	hz	ab	wechselnd	hz	
	26) „ *montanum*	a	hz	a	an. a.	hz	ab	wechselnd	hz	

Ranunculaceae	27) *Pulsatilla vulgaris*	a	a	a	an. h.	v	s. o.	s. o.	a-hz		
	28) *Clematis viticella* *	n	n	a	an. h.	v	s. o.	s. o.	s. o.-hz		
	29) „ *integrifolia* *	n	n	a	an. h.	v	s. o	s. o.	s. o.-hz		
	30) *Isopyrum thalictroides*	a	a	a	an. a.	hz		wie *Helleborus*			
	31) *Ranunculus ficaria*	a	a	a	an. a.	v	s. u.	s. u.	hz		
	32) *Eranthis hiemalis*	a	a	a	an. a.	v	s. u.	s. u.	hz		
Berberidaceae	33) *Berberis vulgaris*	n	n	s. u.	an. a.	v	s. u.	s. o.	s. o.		
	34) *Epimedium macranthum*	a	hz-g	dito	an. a.	v		bel.	bel.		
Magnoliaceae	35) *Liliodendron tulipifera*	a	a	a	an. h.	v	s. o.	s. o.	s. o.		
Papaveraceae	36) *Papaver alpinum* *	n	a	a	c a	v	n. oben	30-45°	n. o.		
	37) *Chelidonium maius*	a	a	a u. g	an. a.	v	n. unten	bel.	bel.		
	38) *Sanguinaria Canadensis*	a	a	a	an. a.	v	hz	hz	hz		mit sog. aufsteigender Samenknospe.
	39) *Corydalis solida*	g	hz	hz	an. a.	v		hz	hz		
Cruciferae	40) *Arabis Halleri*	a	a	a	c h	v	ab. g o	g	g		
	41) *Cardamine pratensis*	a	a	a	c h	v	g	hz—g			
	42) *Cheiranthus Cheiri*	a	g	g u. a	c h	v	g	bel.	bel.		
	43) *Iberis sempervirens*	a	a	a	c h	v	s. o.	s. o.	s. o.		
Resedaceae	44) *Reseda odorata* *	a	hz	a	c h	v	g	g	g		
	45) „ *lutea* *	a	hz	a	c h	v	g	g	g		
Violaceae	46) *Viola odorata*	a	n	g	an. a.	v	hz-g	hz und g			
Tiliaceae	47) *Tilia grandifolia*	h	h	h	an. a.	v	s. u.	s. o.	s. o.		
	48) *Sparmannia Africana*	a	a	a	an. a.		hz	hz	hz		
Malvaceae	49) *Hibiscus Trionum* *	a	a	a	an. a.	v	hz u. g	dito	dito		
Geraniaceae	50) *Geranium palustre* *	n	a	a	an. h.	v	g	s. oder g. o.			
	51) „ *pratense* *	n	a	a	an. h.	v	g	s. oder g. o.			
Linaceae	52) *Linum Austriacum* *	n	a	s. u.	an. h.	v	s. o.	s. o.	s. u.		Fruchtknoten bei der Reife sich erhebend.
	53) „ *flavum*	a	a	a	an. h.	v	s. o.	s. o.	s. o.		
Oxalidaceae	54) *Oxalis acetosella*	a	a	a	an. h.	v	g	s. o. und g			
Balsaminaceae	55) *Impatiens Sultani* *	n	a		an. h.	v		bel.	bel.		Fruchtknotenbewegung s. im 2. Theil.
Tropaeolaceae	56) *Tropaeolum maius*	a	g	a	an. h.	v	s. o.	g. o.	s. o.		
Rutaceae	57) *Ruta graveolens*	a	a	a	an. a.	v u hz		s. o.—hz			
Sapindaceae	58) *Aesculus parviflora* *	a	hz	h	an. a. u. h.	v	g	vorwiegend hz.			
Celastrineae	59) *Evonymus verrucosus*	a	a	a	an. h.	v		s. o.	s. o.		
Staphyleaceae	60) *Staphylea pinnata*	h	h	h	an. a.	hz		hz	hz		
Euphorbiaceae	61) *Euphorbia trifoliata*	a	a	a	an. h.	v		s. o.	s. o.		
Umbelliferae	62) *Heracleum Sphondylium*	a	a	a	an. h.	v	s oder g o	s. o.	s. o.		

Familie.	Art.	Fruchtknotenstellung in der Knospe	Fruchtknotenstellung in der Blüte	Fruchtknotenstellung Befruchtet	Samenknospe Gestalt	Samenknospe M.-E.	Samenknospe Mikrop.	Samenknospenstellung z. E.-R. in der Blüte	Samenknospenstellung z. E.-R. Befruchtet	Bemerkungen.
Umbelliferae	63) *Pastinaca sativa*	a	a	a	an. h.	v	s oder g o	s o	s o	
	64) *Anthriscus silvestris*	a	a	a	an. h.	v	„	s o	s o	
	65) *Chaerophyllum hirsutum*	a	a	a	an. h.	v	„	s o	s o	
Cornaceae	66) *Cornus mas*	g und a			an. h.	v		bel.		
Crassulaceae	67) *Echeveria secunda* *	n	hz	a	an. a.	v		bel.		
Saxifragaceae	68) *Saxifraga caespitosa*	a	a	a	an. a.	v		bel.		
	69) *Bergenia crassifolia*	a	a	a	an. a.	v		bel.		
	70) *Philadelphus coronarius*	g	g und a		an. h.	v		bel.	Mikrop. nie nach unten.	
	71) *Ribes aurea*	a	g	g	an. a.	hz u. v		bel.		
Onagraceae	72) *Epilobium angustifolium*	s. u.	hz	g	an. a.	v		g		
Lythraceae	73) *Cuphea procumbens* *	a	hz	h	an. a.	v		g		
Melastomaceae	74) *Centradenia floribunda*	a	g	g	an. a.			bel.		
Thymelaeaceae	75) *Daphne mezereum*	a	hz u. g	hz u. g	an. h.	v		hz und g		
Elaeagneae	76) *Elaeagnus argentea*	a	hz		an. a.	v				
Rosaceae	77) *Spiraea hypericifolia*	a	a	a	an. h.	v		s o	s o	
	78) *Amygdalus nana*	wechselnd			an. h.	v		bel.		
	79) *Prunus Padus*	bel.	bel.		an. h.	v		bel.		
	80) *Prunus acida*	bel.	bel.		an. h.	v		bel.		
	81) *Geum rivale* *	a	n	a	an. a.	v		hz — s u		
Pomaceae	82) *Crataegus coccinea*	a	g	bel.	an. a.	v		bel.		
	83) *Pirus communis*	bel.	bel.		an. a.	v		bel.		
	84) „ *malus*	bel.	bel.		an. a.	v		bel.		
	85) *Cydonia Japonica*	hz	a	g bel	an. a.	hz	hz	bel.		
Papilionaceae	86) *Robinia peudoacacia*	a	hz	h	an. h.	v		s o	hz	
	87) *Caragana arborescens*	a	hz	hz	an. h.	v		s o	s o	
	88) *Orobus vernus*	a	hz	hz	an. h.	v		s o	s o	
	89) *Thermopsis fabacea*	g	g	g	an. h.	v		g		
Ericaceae	90) *Azalea Africana*	a	a	a	an. a.	v		bel.		

Primulaceae	91) *Primula Chinensis*	a	hz	a	an. a.	v u. hz		bel.
	92) „ *auricula*	a	hz	a	an. a.	v u. hz		bel.
Plumbaginaceae	93) *Armeria elongata*		a	a u. g	an. h.	v		meist s. o.
Oleaceae	94) *Syringa vulgaris*		a	a	an. h.	v		s. o. | s. o.
Gentianaceae	95) *Gentiana lutea*	a	a	a	an. a.	hz		meist hz
Apocynaceae	96) *Vinca minor*	a	a	a	an. a.	v		s. u. | s. u.
Asclepiadaceae	97) *Asclepias boreale*	a	a	a	an. a.	v		bel.
	98) *Vincetoxicum officinale*	a	hz	g	an. h.	v		bel.
Convolvulaceae	99) *Convolvulus tricolor*	a	a	a	an. a.	v		s. u. | s. u.
	100) *Ipomoea purpurea* *	a	a	s. u.	an. a.	v		s. u. | s. o.
Polemoniaceae	101) *Phlox subulata*	a	g	g	an. a.	v		s. u.—hz
Solanaceae	102) *Solanum Dulcamara*	a	n	s. u.	c			bel.
	103) *Hyoscyamus niger*	a	a	a	c			bel.
Boraginaceae	104) *Myosotis palustris*	a	a	a	an. h.	v		g und s. o.
	105) *Symphytum officinale*	a	a	a	an. h.	v		g und s. o.
Scrophulariaceae	106) *Verbascum pyramidatum* *	a	hz	a	an. a.			bel.
Labiatae	107) *Salvia pratensis*		hz	a	an. a.	v		hz | s. u.
	108) *Lamium purpureum*	a	g und a		an. a.	v		g und s. u.
	109) *Ajuga reptans*	a	a	a				s. u. | s. u.
Plantaginaceae	110) *Plantago media*		g	g	an. a.			g nach u
Campanulaceae	111) *Campanula rotundifolia*		g u. a	a	an. a.			bel.
	112) „ *patula*		g u. a	a	an. a.			bel.
Cucurbitaceae	113) *Cucurbita Pepo* *	a	a	hz	an. a.	hz	hz	hz | s. o. und u. und g.
Rubiaceae	114) *Galium boreale*	a	a	a	an. a.	v		s. u. | s. u.
Caprifoliaceae	115) *Viburnum Lantana*	a	a	a	an. h.	v		s. o. | s. o.
	116) *Lonicera caerulea*	a	hz	hz	an. h.	v	s. o.	hz | hz
Valerianaceae	117) *Valeriana officinalis*	a	a	a	an. h.	v		s. o. | s. o.
Dipsacaceae	118) *Cephalaria Tatarica*	a	a und g		an. h.	v		s. o. und g
Compositae	119) *Tussilago Farfara*	a	a	s. u.	an. a.	v	s. u.	s. u. | s. o.
	120) *Bellis perennis*	a	a	s. u.	an. a.	v	s. u.	s. u. | s. u.
	121) *Senecio vulgaris*	a	a	s. u.	an. a.	v	s. u.	s. u. | s. u.
	122) *Echinops Ritro*	a	a-s. u	dito	an. a.	v		s. o.—s. u.
	123) *Taraxacum officinale*	a	a	a u. g	an. a.	v		s. u. und g
	124) *Cichorium intybus*	a	a	a u. g	an. a.	v		s. u. und g

der Entwicklung der Eizelle zum Embryo fortwährend ändert. Während nämlich diese z. B. bei *Clematis* direkt nach der Befruchtung insgesammt aufrecht stehen, tritt bei ihnen in Folge des durch das Wachsthum der Samen hervorgerufenen Raummangels eine derartige Verschiebung ein, dass nur die vorher in der Mitte befindlichen Karpelle ihre Richtung beibehalten, die anderen, besonders die am Rande stehenden, eine Verschiebung, d. h. Drehung ihrer Längsaxe erfahren, so dass diese sogar die horizontale Lage überschreiten und mit ihr einen Winkel von 30° bilden kann. Wie wir unten sehen werden, treten solche Verschiebungen auch bei zahlreichen Samenknospen ein.

Dieselbe Verschiedenheit in der Lage zum Erdradius wie beim ganzen Fruchtknoten finden wir bei den Samenknospen. Zwar pflegen bei Fruchtknoten mit einer oder nur wenigen Samenknospen diese eine gleichsinnige Orientirung zu besitzen wie z. B. bei den *Compositen*, *Valerianaceen* u. A. (Tafel I, Fig. 1—7), während die Familien, bei welchen zahlreiche Samenknospen an einer ei- oder kugelförmigen Placenta stehen, wie bei den *Azaleen* *Saxifrageen*, *Scrophularieen*, *Primulaceen*, eine sehr wechselnde Lage aufweisen. (Tafel I, Fig. 11, 12, 13.) Volkens [1]) giebt aber bei der Familie der *Chenopodiaceen* an, dass sogar bei ein und demselben Individuum die Lage der Samenknospe wechsle und dass die Mikropyle bald horizontal, bald nach oben oder unten gerichtet sei.

Eine eigenthümliche Stellung findet sich bei *Aesculus*; von den beiden Samenknospen dieser Gattung ist die obere aufrecht, die untere hängend; bei beiden verläuft die Mikropyle in einer von der Horizontalen nicht sehr abweichenden Richtung. Bei *Aesculus flava* hatte sich immer nur eine Samenknospe zur Frucht entwickelt; die Radicula stand horizontal oder dieser Stellung sich nähernd.

Bei den Pflanzen mit zahlreichen Samenknospen zeigt sich die Inconstanz der Orientirung auch noch dadurch, dass die Medianebene der Samenknospen, die sonst innerhalb ein und desselben Fruchtknotens eine konstante ist, häufig, wie z. B. bei den *Primulaceen*, eine wechselnde Lage einnimmt.

Wir haben oben angeführt, dass die Karpelle im Laufe der Entwicklung vielfach eine Lagenveränderung erfahren. Dasselbe gilt hinsichlich der Ovula.

Besonders da, wo der Hohlraum zwischen Placenta und innerer Fruchtknotenwandung gegen oben oder unten, besonders bei cylindrischen Placenten, sich zuspitzt, werden z. B. horizontal angelegte und im mittleren Theil der Placenta auch wirklich horizontal stehende Samenknospen gezwungen, sich nach oben, beziehungsweise nach unten zu verschieben, wobei dieselben oft eine Biegung erfahren. Deutlich zeigt ein solches Verhältniss *Epilobium*, *Vriesea*, *Vincetoxicum* (Tafel I, Fig. 8, 9, 10), *Cydonia*: bei letzterer sieht man beim Zerschneiden der reifen Frucht die nicht befruchteten eingetrockneten Samenknospen noch genau horizontal

[1]) In: Engler-Prantl, die natürlichen Pflanzenfamilien. Lieferung 70.

gerichtet, während von den befruchteten die oberen ihre Lage nach oben, die unteren nach unten verschoben haben.

Eine weitere jedenfalls mit dem Raumbedürfniss zusammenhängende Erscheinung ist die, dass häufig je die oberste und unterste Samenknospe im Fruchtknoten sich so gedreht haben, dass ihre Medianebene gegenüber derjenigen der übrigen Ovula eine um 90° verschiedene ist, z. B. bei *Delphinium*, *Helleborus*. Bei letzterem wurde festgestellt, dass auch die reifen Samen diese verschiedene Stellung beibehalten hatten.

Besitzen somit nach dem Vorhergehenden auf der einen Seite die Fruchtknoten in ihrem Verhältniss zum Erdradius eine derartig variable Orientirung und zeigen auf der andern Seite auch die Samenknospen im Fruchtknoten eine sehr wechselnde Lage, so kann es uns nicht wundern, dass auch die Richtung der Ovula zum Erdradius in keiner konstanten Beziehung steht. In der That geht auch aus der obigen Tabelle mit grosser Evidenz hervor, dass von einer solchen Konstanz nicht die Rede sein kann. Dies ergiebt sich schon aus dem Vorhandensein einer überall mit Samenknospen besetzten eiförmigen Placenta: man mag dieser eine Stellung geben, welche man will, immer werden sich solche in jeder Lage zum Erdradius finden müssen.

Es fragt sich nun, ob die Samenknospen verschiedener Lage auch wirklich befruchtet werden und zu keimkräftigen Samen heranwachsen. Es wäre ja denkbar, dass die Ovula mancher Pflanzen nur in einer bestimmten Lage sich entwickeln könnten. Dies wird aber durch folgende Beobachtungen unwahrscheinlich:

An Exemplaren von *Azalea* wurden Samenknospen jeder Lage befruchtet gefunden.

Ebenso zeigte die kugelförmige Frucht von *Primula* vollständig entwickelte Samen in jeder Stellung zum Erdradius. Bei sämmtlichen untersuchten Exemplaren von *Echinops Ritro*, 12 an der Zahl, deren Fruchtknotenlängsaxe jede Richtung zum Erdradius einnimmt, wurde die Thatsache festgestellt, dass alle Fruchtknoten, welche aufrecht oder eine bis 30° über der Horizontalen geneigte Lage einnahmen, die also einen kugelförmigen Ausschnitt des Köpfchens darstellten, taube Früchte enthielten. Mit der Schwerkraft steht dieses Ergebniss jedenfalls nicht in Zusammenhang, da die zuletzt sich entwickelnden Blüten auch bei anderen Pflanzen häufig steril sind. Diese Vermuthung wurde bestätigt durch die Resultate, welche an anderen *Compositen* angestellte Beobachtungen zeigten. So wurden z. B. bei *Rudbeckia* aufrecht wie geneigt stehende Blüten befruchtet, beziehungsweise die Embryonen völlig entwickelt gefunden. Allerdings wechseln die Lagen der Samenknospen dieser Art in engeren Grenzen als bei *Echinops*.

Ein Versuch, ob die in verschiedener Stellung zum Erdradius an der Placenta gereiften Samen auch verschiedene Keimkraft besitzen, wurde nicht angestellt, doch lässt sich aus

den Resultaten der unten folgenden Experimente das Gegentheil als sicher annehmen.

Nachdem wir im Vorhergehenden die Lage der Samenknospen zum Gegenstand der Untersuchung gemacht haben, sei im Folgenden die Entwicklung des Embryo einer Betrachtung unterzogen.

Fassen wir das Wachsthum einer anatropen, aufrechten Samenknospe in's Auge, so sehen wir, dass die im vorderen Theil des Embryosacks liegende Eizelle sich nach der Befruchtung durch eine auf der Längsaxe des Embryosacks senkrechte Wand so theilt, dass der nach unten gerichtete Theil, der vordere, zum Embroyträger, der nach oben schauende hintere Theil der Eizelle zum Embryo sich ausbildet. Diese erste Theilungswand stellt gewissermassen die Basis der Wachsthumsrichtung [1]) des sich entwickelnden Embryo dar. Dieser wächst also entgegengesetzt der Wachsthumsrichtung der Samenknospe und gleichsinnig mit derjenigen der Mutterpflanze, seine Organe nehmen an dieser schon diejenige Lage ein, welche sie später getrennt davon dauernd beibehalten, d. h. die Wurzelspitze sieht dem Erdmittelpunkt zu, die Kotyledonen schauen nach oben.

Betrachten wir dieselbe Entwicklung der Eizelle zum Embryo bei einer hängenden Samenknospe, wie sie z. B. *Mercurialis annua* besitzt. Hier ist der vordere Theil des Embryosacks nicht nach unten, sondern nach oben gerichtet. Da die erste horizontale Theilungswand ebenfalls Basis der neuen Wachsthumsrichtung wird, entwickelt sich der Embryo wiederum entgegengesetzt der Wachsthumsrichtung der Samenknospe, aber auch entgegengesetzt derjenigen der Mutterpflanze. Die Wurzelspitze des Embryo sieht nach oben, abgewendet vom Erdmittelpunkt.

Zwischen disen beiden einander genau entgegensetzten Fällen giebt es, wie aus den oben erörterten Stellungsverhältnissen ersichtlich ist, zahlreiche Uebergänge, so dass die Wurzelpitze thatsächlich in jeder beliebigen Lage zum Erdradius und zur Mutterpflanze sich entwickelt. Wie bekannt, wirkt die Schwerkraft auf die Wurzelspitzen aller Embryonen bei der Keimung in demselben Sinn, d. h. alle sind stark positiv geotropisch. Wollten wir eine Wirkung der Schwerkraft schon bei der Entwicklung zum Embryo auf diesen als vorhanden voraussetzen, so müssten wir annehmen, dass entweder dieselbe bei den einen Arten einen Einfluss ausübte, d. h. bei solchen, welche ihre Wurzelspitze normal nach unten entwickeln, bei den andern dagegen nicht. Oder wir müssten vermuten, dass die Wurzel von *Mercurialis* zuerst negativ, später positiv geotropisch wäre. Einen solchen Wechsel der Eigenschaften finden wir im Pflanzenreich nicht selten; so sind z. B. die Blütenstile von *Papaver* zuerst negativ, dann positiv geotropisch; manche Rhizome sind anfangs diageotropisch, später negativ geotropisch und a. m.

---

[1]) Sachs, Lehrbuch der Botanik. 4. Auflage. 1874. pag 210.

Dieser Voraussetzung stände nichts im Wege erstens bei solchen Fruchtknoten, deren Embryonen eine zur Schwerkraft gleichartige Orientirung aufweisen, und zweitens dann, wenn die Richtung der Embryonen eine gerade, d. h. Wurzel- und Kotyledonenspitze einander genau entgegengesetzt wären. Bei denjenigen Fruchtknoten aber — und ihre Zahl ist nicht klein — in denen Embryonen theilweise mit der Wurzel nach unten, theilweise nach oben sich entwickeln, in welchen also das Wachsthum der Embryonen eine zum Erdradius je entgegengesetzte Richtung einschlägt, wie sollen wir uns hier die Einwirkung der Schwerkraft vorstellen? Hier müsste innerhalb des gleichen Fruchtknotens für jeden Embryo eine verschiedene Disposition angenommen werden, vermöge deren er gerade diese seine Lage zum Erdradius einnimmt. Und diese Disposition müsste sich bei der Trennung von der Mutterpflanze bei den einen Samen gerade umkehren, bei den anderen dagegen nicht.

Sind vollends die Embryonen stark gekrümmt, liegt, wie bei den *Cruciferen*, die Wurzel den Kotyledonen an, und zwar in Bezug auf die Richtung zum Erdradius gleichsinnig gerichtet, so wäre eine Entwicklung der Eizelle zum Embryo nur bei horizontaler Lage denkbar, indem wir für beide Diageotropismus annehmen. Bei jeder anderen Lage des Embryo dagegen, wie sie sich thatsächlich vorwiegend findet, ist ein Einfluss der Schwerkraft geradezu undenkbar, man müsste denn für das eine Organ, z. B. die Wurzel, zu verschiedenen Zeiten eine verschiedene Disposition annehmen, für das andere Organ wie die Kotyledonen nicht.

Die vorstehenden Resultate haben wir auf Grund der Untersuchung von 124 Arten erhalten. Es fragt sich, ob wir berechtigt sind, von dem Theil hier auf das Ganze zu schliesen und Verhältnisse für sämmtliche Phanerogamen anzunehmen, wie sie sich uns bei diesen 124 Arten ergeben haben. Das Bild kann ja insofern kein treues sein, als wir weder sämmtliche Familien in den Bereich der Untersuchung gezogen, noch die behandelten entsprechend der Anzahl ihrer Arten gewürdigt haben.

So befinden sich unter den 124 Spezies $5 = 4\%$ mit orthotropen, $14 = 11\%$ mit kampylotropen und $105 = 85\%$ mit anatropen Samenknospen. Bezüglich der Orientirung ergiebt sich für 26 Arten $= 21\%$, eine ausgesprochen horizontale Lage der Längsaxe der Samenknospe, $9 = 7\%$ entwickeln die Radicula nur in senkrecht nach unten, $23 = 19\%$ nur in senkrecht nach oben gerichteter Stellung, während $66 = 53\%$ eine wechselnde Lage aufweisen, wobei die horizontale, lothrechte oder geneigte Richtung vorwiegen kann.

Bekommen wir in dieser Beziehung kein richtiges Bild von den Verhältnissen, wie sie bei den Phanerogamen herrschen, so macht doch insbesondere die Zahl der untersuchten Familien den Schluss wahrscheinlich, dass die grosse Mannigfaltigkeit in den Stellungsverhältnissen, wie sie sich bei einem Theil gezeigt, auch in der ganzen Klasse herrschen werde.

II. Theil.

Die Versuche.

Aus den im ersten Theil niedergelegten Untersuchungen ergiebt sich, dass die Samenknospen und damit der Embryo, allgemein und vergleichend betrachtet, sich in den verschiedensten Lagen entwickeln können, und es ist damit die im Eingang gestellte Frage bis zu einem gewissen Grade beantwortet.

Nicht entschieden ist aber, ob in den Fällen, in welchen die Stellung dieser Organe während der ganzen Entwicklung eine konstante ist, bestimmte Beziehungen zum richtenden Einfluss der Schwerkraft vorhanden sind. Es wäre möglich, dass sich bei den einen Phanerogamen Beziehungen zur Lothlinie gebildet hätten, welche den anderen fehlen. So z. B. verdanken die einen Pflanzen die Zygomorphie [1]) ihrer Blüten der orientirenden Wirkung der Schwere, andere inneren Ursachen, wieder andere einer Kombination äusserer und innerer Kräfte.

Nicht entschieden ist ferner, worauf die zahlreichen Bewegungen, welche manche Fruchtknoten nach der Befruchtung ausführen, beruhen. Es wäre ja denkbar, dass sie wenigstens theilweise dadurch bedingt werden, dass manche Embryonen die verschiedenen Entwicklungsstadien in bestimmten Lagen durchlaufen müssten. Ueber diesen Gegenstand liegen uns die nicht abgeschlossenen Untersuchungen von Vöchting und Scholtz an *Papaver* vor. Die Frage selbst aber war um so bestimmter aufzuwerfen, als, wie wir schon oben erwähnt, ein und dasselbe Organ auf den Einfluss einer äusseren Kraft zu verschiedener Entwicklungszeit sehr verschieden reagiren kann.

Um also über die erwähnten Punkte, sowie darüber Aufschluss zu erhalten, ob das an *Papaver* gefundene Verhalten für einen grossen Theil oder die Gesammtheit der Phanerogamen Giltigkeit besitze, wurde die Längsaxe der Fruchtknoten verschiedener Pflanzen mit ausgesprochener Orientirung der Samenknospen in ihrer Richtung zum Erdradius derart verändert, dass diese neue Richtung mit der normalen einen Winkel von 90° oder 180° bildete. In diesem Falle musste die Schwerkraft ihren Einfluss in richtender oder die Entwicklung hemmender Weise äussern.

Die richtende Kraft, bestrebt, dem Embryo die normale Wachsthumsrichtung zu geben, könnte dieses Ziel dadurch erreichen, dass sie entweder die ganze Samenknospe und damit den Embryo mittelst Drehung des Funiculus in die normale Lage brächte oder es müssten die Theilungsrichtungen in der Eizelle und damit das Wachsthum des Embryo eine Veränderung erleiden.

Angenommen, die Längsaxe der Samenknospen falle in die Lothrichtung, so brauchten bei einer Drehung dieser Axe um

---

[1]) H. Vöchting: Zygomorphie und deren Ursachen; Pringsheim's Jahrbücher. Bd. XVII. Berlin 1886.

180° gegen den Erdradius die ersten Theilungswände ihre Richtung nicht zu ändern. Die Pole der Eizelle dagegen lägen in einer gegen die normale entgegengesetzten Richtung: Wurzel und Kotyledonen müssten ihre Plätze tauschen.

Bei einer Drehung der lothrechten Axe um 90° dagegen müssten auch die Theilungswände ihre Lage um 90° ändern und somit dem Embryo eine völlig verschiedene Wachsthumsrichtung aufprägen. Jedenfalls könnte sich der Einfluss wenigstens in einer mehr oder weniger gekrümmten Form des Embryo documentiren.

Wäre aber in Folge äusserer Umstände weder eine Drehung des Funiculus, noch eine Veränderung in der Wachsthumsrichtung des Embryo möglich, so könnte die Schwerkraft ihre Einwirkung immer noch dadurch zeigen, dass der Embryo in verkehrter Lage sich entweder nur kümmerlich entwickeln oder aber bei äusserer normaler Ausbildung keine Keimkraft besitzen, oder die Pflanze in ihrem Wachsthum erhebliche Modificationen aufweisen würde.

Der Beschreibung der einzelnen Arten und des Verfahrens bei der Befestigung ihrer Fruchtknoten in inverser Lage möge einiges Methodische vorausgeschickt werden.

Die zum Versuch bestimmten Pflanzen wurden aus dem System des Tübinger botanischen Gartens ausgewählt mit Ausnahme von *Impatiens Sultani*, welche ihren Stand in Töpfen des Gewächshauses hatte.

Die Bestäubung vollzogen bei sämmtlichen Arten die auch die in normaler Stellung befindlichen Blüten befruchtenden Insekten, eine Nachhilfe war nicht nöthig. *Impatiens* wurde künstlich mit einem feinen Pinsel bestäubt und zwar die Blüten nie mit den eigenen Pollen; meist war schon die erste Bestäubung von Erfolg.

Als Befestigungsmaterial diente rohe Seide, um einen ungünstigen Einfluss eines etwa gefärbten Fadens auszuschliessen. Zur Belastung der grösseren Blüten mit kräftigen Stielen wurden kleine am Grunde zum Durchlassen des Regenwassers durchlöcherte Trichter aus Eisenblech gewählt, deren Gewicht durch eingelegte Schrotkörner beliebig verstärkt werden konnte. Bei schwächeren Blütenstielen wurden kleine Bleistückchen zur Abwärtskehrung verwendet.

Bei der Samenabnahme wurden stets gleichzeitig mit den in verkehrter Lage gereiften Fruchtknoten solche von normaler Stellung, welche ersteren an der Pflanze möglichst nahe standen, abgenommen, um Differenzen, wie sie zu verschiedenen Zeiten gereifte Samen oft aufweisen, zu vermeiden.

Delphinium elatum und *montanum*.

Diese beiden Arten sind in ihrem Verhalten sehr ähnlich und können demgemäss mit einander geschildert werden:

Die Knospen des traubenförmigen Blütenstandes sind anfangs nach oben gerichtet, so dass der Sporn nach unten sieht; bei

weiterer Entwicklung gelangen diese allmählich in die horizontale Lage, in welcher — für den Insektenbesuch die geeignetste — die Knospe aufblüht und die Befruchtung erfolgt. Nach dieser geht der Fruchtknoten energisch in die Höhe, so dass seine Längsaxe oft in einem Tage die Lothlinie erreicht. Diese Stellung behält der Fruchtknoten bis zum Abfall der Samen bei. Die Axe der anatropen Samenknospen, ebenso die Medianebene derselben ist vorwiegend horizontal, die Mikropylen sind einander abgekehrt.

An beliebig aus der Spindel herausgewählten Blüten wurde dicht hinter dem Ansatz der Korolle ein Faden befestigt und mit einem an diesem angebrachten Gewicht der Fruchtknoten senkrecht nach unten gezogen; um aber die Fruchtknoten in der Stellung, d. h. horizontal festzuhalten (welche sie in der Blüte eingenommen), wurde der Fruchtknoten nach der Bestäubung am Aufrichten verhindert. Im letzteren Fall ist die Lage je zweier Samenknospen eine um 120° gegen den Erdradius wechselnde, während im ersteren Fall die Orientirung der meisten Samenknospen dieselbe wie in normaler Lage ist. Die Bestäubung geschah durch Hummeln, welche auch die senkrecht abwärts schauenden Blüten aufsuchten und befruchteten.*)

Die befruchtete Blüte suchte sich energisch aufzurichten. Die anfängliche Befestigungsart erwies sich bald als ungenügend, da die Karpelle der in anormaler Lage festgehaltenen Fruchtknoten auseinandergingen und durch stärkeres Wachsthum der inneren Seite sich bogenförmig nach oben krümmten.

Deshalb wurde, sobald eine solche Bewegung sich zeigte, der Faden um die oberen Theile der Karpelle geschlungen. Die durch das Auseinandertreten dieser hervorgerufene Spannung reichte hin, um ein Abgleiten des Fadens zu verhindern. Eine Einschnürung war nie zu bemerken.

Die Fruchtknoten entwickelten sich in jeder Stellung zum Erdradius, ohne sichtbare Störung und ohne bemerkenswerthen Unterschied bezüglich der zur Reife nöthigen Zeit.

Clematis integrifolia.

Die Knospen dieser Art, zuerst aufrecht, sehen schon früh senkrecht nach unten, in welcher Lage die langgestielte Blüte sich entfaltet. Nach der Befruchtung streckt sich der gebogene Blütenstiel, sodass die Längsaxe des Fruchtknotens aufrecht steht. In

---

*) Anmerkung: Auch ganze Blütenstände wurden 180° um ihre Längsaxe gebogen, so dass die Spitze nach unten sah und die Medianebene der zygomorphen Blüten um 180° gedreht war. Die grossen Arten der Hummeln besuchten zwar diese Blüten, flogen aber sogleich wieder ab, wie von solchen, welche sich noch nicht völlig entfaltet hatten. Die kleineren Arten unterzogen sich dagegen meist der Mühe, besonders, nachdem der Blütenstand einige Zeit in der verkehrten Lage gewesen war, auf der verkehrten Blüte sich zu drehen und — Kopf nach unten — den Nektar zu holen. Diese Beobachtungen stimmen mit denen Nolls [1]) grösstentheils überein.

[1]) F. Noll: Ueber die normale Stellung zygomorpher Blüten. (Arbeiten d. Würzb. bot. Inst. Bd. III. 1888.)

dieser Stellung reifen die Samen. Die Samenknospen sind anatrop und hängend, die Mikropyle sieht nach oben. Während der Befruchtung und noch einige Zeit nachher stehen die einzelnen Karpellen des apokarpen Gynäceums aufrecht und sind einander parallel. Bei weiterem Wachsthum werden aber in Folge Raummangels und Wölbung des Blütenbodens dieselben in ihrer Lage verändert: die innersten behalten zwar ihre Lage über die ganze Zeit der Reife bei, die am Rande sitzenden aber erfahren eine Verschiebung, so dass ihre Längsaxe sogar die Horizontale überschreitet. Der Winkel, den die Axe der reifen Samen mit derjenigen des Blütenstieles bildet, schwankt zwischen 0° und 120°. Eine weitergehende Verschiebung, also z. B. in die Vertikale nach unten, kommt bei normalen Fruchtknoten nicht vor.

Auch hier erfolgte wie bei *Delphinium* die Befestigung des Gewichts, welches die Streckung des Blütenstieles verhindern sollte, zunächst am Grunde der Blüte, musste aber später dahin abgeändert werden, dass der Faden um die in ein Bündel zusammengefassten Karpellfortsätze geschlungen und auf diese Weise der Fruchtknoten in abwärts gerichteter Lage festgehalten wurde. Die Bestäubung wurde durch Hummeln vollzogen.

Geranium palustre.

Die Blüten stehen an Winkeln, immer zu zweien bei einander. Die Knospen sind schon früh nach unten gerichtet und gehen vor der Entfaltung nach oben. Die befruchtete, stark protrandrische Blüte, vorher der Sonne zugeneigt, richtet sich lothrecht; in dieser Lage entlässt der Fruchtknoten seine Samen. Die Bewegungen der Blütenstiele hat Vöchting [1]) an *Geranium Pyrenaicum*, welches das gleiche Verhalten zeigt, eingehend auseinandergesetzt, worauf ich hiermit verweise.

Von der zweiblütigen Scheindolde wurde jedesmal die eine Blüte mittelst angehängten Gewichts nach unten gezogen, die andere dagegen in der normalen Stellung gelassen. Um die bei der Reife abspringenden Samen nicht zu verlieren, wurden diese früh abgenommen. Diese Massregel hat auf ihre Reife leider einen ungünstigen Einfluss geübt, welcher sich in starker Faltung der Samenschale kund gab. Wie wir unten sehen werden, hatten diese Samen ihre Keimkraft eingebüsst.

Die Bestäubung vermittelten Bienen, welche auch die abwärts gekehrten Blüten fleissig besuchten.

Die Samenknospen von *Geranium* sind anatrop, hängend. Die Mikropyle sieht nach oben und ist ein wenig der Placenta zu gebogen.

Impatiens Sultani.

Diese Pflanze eignete sich in doppelter Beziehung zum Versuch. Erstens beschreibt der Fruchtknoten nach der Bestäubung

[1]) H. Vöchting, Die Bewegungen der Blüten und Früchte. Bonn 1882. pag. 173 ff.

eine deutliche Bewegung; zweitens aber haben die Samen nur ungefähr 3 Wochen zur Reife nöthig, wodurch sich Störungen leicht ausgleichen lassen. Die Stellung der Knospen und Blüten hat Noll [1]) beschrieben. Nach dem Abblühen bleibt der Fruchtknoten zunächst noch einige Zeit aufrecht, beginnt aber bald mit der Längsaxe eine Bewegung nach unten auszuführen, welche er einstellt, nachdem er einen Bogen von durchschnittlich 135° durchlaufen hat. In dieser Stellung werden die Samen fortgeschleudert. Einige Beobachtungen über den Gang der Fruchtknotenbewegung mögen hier ihre Stelle finden. Die Bestäubung erfolgte künstlich mittelst eines Pinsels.

Pflanze.		Datum.			
		23. 2. 93.	27. 2.	2. 3.	9. 3.
I.	Blüte 1.)	+30°	± 0°	—20°	—45°
	Blüte 2.)	+60°	+10°	± 0°	—50°
II.	Blüte 1.)	+90°	+45°	± 0°	—45°
	Blüte 2.)	+30°	—10°	—60°	—70°
III.	Blüte 1.)	+50°	+30°	± 0°	—40°
	Blüte 2.)	+30°	± 0°	—10°	—50°

(Die Zahlen bedeuten die Winkel, welche der Fruchtknoten mit der Horizontalen bildet, wobei die Richtung nach oben als positive, die nach unten als negative aufgeführt wird.) Während der Bewegung wächst der Fruchtknoten bedeutend, seine Reife zeigt sich durch lichtere Farbe und schärferes Hervortreten von in der Längsrichtung verlaufenden Linien an.

Die Samenknospen sind anatrop, hängend mit dorsaler Raphe und einem langen Funiculus. Die Mikropyle sieht nach oben und innen, sie ist verholzt, der Winkel, unter dem die Samenknospen an der Placenta sitzen, schwankt zwischen 20° und 80°, beträgt aber meist etwa 45°. Der Fruchtknoten ist 5fächerig mit je 2 Reihen von Ovulis. Bei aufrechter wie verkehrter Lage ist die Längsaxe der Samenknospen unter einem Winkel von 45° gegen die Lothlinie geneigt, bei aufrechter Stellung ist die Wurzelspitze des Embryo nach oben, bei abwärts gekehrter nach unten gerichtet. Bei der oben erwähnten Endlage des normal gewachsenen Fruchtknotens von 45° unter der Horizontalen stehen, wie leicht ersichtlich, die Samenknospen in beliebiger Lage zum Erdradius.

Knospen und Blüten wurden theils in aufwärts, theils in senkrecht abwärts gerichteter Lage befestigt. Die Ausführung erfordert wegen der Empfindlichkeit der Blütenstiele, insbesondere gegen rasch vollzogene Biegungen, grosse Vorsicht.

Zur Befestigung der Fruchtknoten in aufrechter Lage dienten zwei in dem betreffenden Gewächshaus zufällig über den Blumenstöcken hinlaufende Drähte als willkommenes Hilfsmittel. Der

[1]) Noll, l. c. pag. 346.

mit dem Blütenstiel verbundene Faden wurde über diese Drähte geführt und daran Gewichte nach Bedarf angehängt. Hatte der Fruchtknoten etwa seine halbe Grösse erreicht, so wurden Hollundermarkstücke, welche dem unteren Drittel des Fruchtknotens angepasst waren, von unten her diesem aufgeschoben, an vier Stellen mit dem Faden befestigt, so dass der Fruchtknoten seine aufrechte Lage nicht verändern konnte und eine einseitiger Zug vermieden war. Kurz vor der Reife sträubte sich der Fruchtknoten energisch gegen die aufgezwungene aufrechte Lage; manche Blütenstiele brachen dabei ab. Weniger Widerstand setzte die Pflanze der Befestigung des Fruchtknotens in senkrecht nach unten gerichteter Lage entgegen.

Linum flavum und *Austriacum.*

Die beiden Pflanzen wurden zum Versuch gewählt, weil beide bei ausgesprochener Orientirung ihrer Samenknospen zum Erdradius ihre Embryonen in einer in Bezug auf diesen genau entgegengesetzten Richtung entwickeln. Die Verschiedenheit in den Stellungsverhältnissen macht eine gesonderte Schilderung beider Arten nothwendig.

Linum flavum.

Die Blütenstände dieser Art sind Dichasien mit ausgehender Wickelbildung. Knospen, Blüten und Früchte sind aufrecht und sitzen auf kurzen Stielen. Die 5fächerigen Fruchtknoten enthalten anatrope, hängende Samenknospen, die Mikropyle schaut nach oben und aussen.

Da eine Drehung der Längsaxe des Fruchtknotens um 180° in Bezug auf den Erdradius wegen der Kürze des Blütenstieles unmöglich war, wurden ganze Zweige der Pflanze senkrecht nach unten gebogen, in dieser Lage festgehalten und dann die einzelnen Blüten durch angehängte Gewichte am Aufrichten verhindert. Die Stengel sind stark negativ geotropisch und erreichen ihre normale Richtung meist in kurzer Zeit wieder.

Linum Austriacum.

Die Verzweigung dieser Species ist wie bei *Linum flavum* im unteren Theil dichasial, geht aber bald in Winkel von Traubenform über; Knospen, Blüten und Früchte besitzen lange bewegliche Stiele. Erstere hängen nach unten; kurz vor der Entfaltung richten sie sich auf, in dieser Stellung wird die Blüte besonders von Bienen besucht und befruchtet. Nach der Befruchtung beginnt der Fruchtknoten eine Bewegung nach unten zu beschreiben, bis er die senkrecht abwärts schauende Lage erreicht hat. In dieser Stellung geht die Entwicklung des Embryo vor sich. Kurz vor der Reife richtet sich der Fruchtknoten wiederum in die Höhe, um die Samen zu entlassen, erreicht aber meist nur eine etwa Horizontale, selten die aufrechte Lage.

Um den Fruchtknoten in der aufrechten Stellung festzuhalten, wurden kleine Korkstücke mit einem Loch in der Mitte zur Frei-

lassung des Blütenstieles unter den Fruchtknoten geschoben, an den 4 Ecken je mit einem Faden befestigt, diese 4 Fäden durch eine an einem eingesteckten Stab angebrachte Oese geführt und mit einem angehängten Gewicht nach Bedarf gespannt. Die Befestigung des Fruchtknotens mit einem Faden direkt unterhalb des Kelches hatte den Nachtheil, dass der nach oben gespannte Faden den immer mehr kugelförmig werdenden Fruchtknoten aus der Lothlinie ablenkte. Die Orientirung der Samenknospen ist dieselbe wie bei *Linum flavum*. Dort entwickelt sich aber der Embryo in genau entgegengesetzter Richtung wie bei *Linum Austriacum*.

Umbelliferae.

Die der ganzen Familie eigene annähernd gleichmässige Orientirung lässt die Pflanze zum Versuch geeignet erscheinen.

Nachdem ein Versuch mit *Chaerophyllum hirsutum* in Folge Vernichtens der Pflanze durch Blattläuse und ein solcher mit *Heracleum Sphondylium* durch Taubheit beinahe sämmtlicher Samen resultatlos geblieben, wurde ein kräftiges Exemplar von *Pastinaca sativa* und *Cnidium apioides* als Ersatz gewählt. Den Bau der Pflanze setze ich als bekannt voraus.

Sowohl ganze Dolden als auch Döldchen und einzelne Fruchtknoten wurden in vertikale nach abwärts gerichtete Lage gebracht. Als geeignetste Befestigungsstelle für letztere erwies sich der Raum unmittelbar unterhalb des Discus. Das Verhalten der Dolden- und Blütenstiele hat Noll [1]) beschrieben, seine Angaben wurden vollständig bestätigt gefunden. Angefügt mag nur noch werden, dass eine gegen das Ende ihrer Blütezeit senkrecht nach unten gekehrte Dolde ihre Fruchtknoten nicht mehr in die aufrechte Lage bringen konnte, sondern dass diese die horizontale Lage selten überschritten, so dass die meisten Fruchtknoten ihren Embryo in horizontaler Stellung entwickelten. Dadurch bekam man auf einfache Weise Samen, welche um 90 Grad gegen die normale Lage zum Erdradius verschoben gereift waren. Leider gingen durch einen unglücklichen Zufall die meisten Samen von *Pastinaca sativa*, 6 Stück ausgenommen, verloren.

Die Bestäubung vollzogen besonders Wespen und Fliegen. Der Prozentsatz an tauben Samen, der ein ziemlich hoher war, belief sich bei den in verkehrter Lage gereiften Samen nicht höher als bei denjenigen, welche in normaler Stellung sich entwickelt hatten.

Die Samenknospen sind anatrop und hängend, die Mikropyle ist nach oben und aussen gerichtet.

Weiteren Versuchen mit *Peucedanum Rablense*, *Daucus Carota* und besonders *Ipomoea purpurea* machte eingetretener Frost ein vorzeitiges Ende.

Die Fruchtknoten sämmtlicher zum Versuch benutzter Pflanzen zeigten ein energisches Streben, ihre normale Lage zu gewinnen;

[1]) l. c. pag. 191.

dies zeigte nicht blos die oft beträchtliche Grösse des anzuwendenden Gewichts, sondern auch die überall bemerkbaren Torsionen und Verdickungen der Fruchtknotenstiele. Trotzdem wiesen weder die Fruchtknoten noch die Samen irgendwie äussere Unterschiede auf, welche ihnen die verschiedene Lage zum Erdradius hätte aufprägen können.

Am 1. October, nachdem die Samen von der Zeit ihrer Abnahme an mehrere Wochen offen im Zimmer gelegen hatten, wurde mit ihnen eine Wägung vorgenommen und die Resultate in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Zur Erklärung sei bemerkt, dass die in normaler Lage gereiften Samen mit A, die in horizontaler mit B, und endlich die in einer um 180° von der normalen Stellung zum Erdradius verschiedenen Stellung gewachsenen Samen mit C bezeichnet sind.

Pflanze.	Samenzahl			Gewicht in mgr.			A ist schwerer als	
	A.	B.	C.	A.	B.	C.	B.	C.
Delphinium elatum	70	50	35	115	80	53,5	2½ %	7 %
„ *montanum*	„	„	70	100	„	95	—11%	5 %
Clematis integrifolia	40	—	20	320	—	156	—	2½ %
Geranium palustre	20	—	20	93	—	73	—	21 %
Linum Austriacum	45	—	60	76	—	99	—	2 %
„ *flavum*	70	—	35	79	—	42	—	—6%
*Pastinaca sativa**)	100	—	6	—	—	—	—	—
Cnidium apioides	50	—	30	160	—	91	—	5 %
*Impatiens Sultani***)	50	25	25	20	11,5	10,75	—15%	—7,5%

*) Wegen der geringen Zahl nicht gewogen.
**) B sind hier die in senkrecht nach oben, C die in senkrecht nach unten gerichteter Stellung gereiften Samen.

Durchmustern wir die Tabelle, so fällt vor Allem *Geranium palustre* durch grosse Differenz zwischen den in normaler und verkehrter Lage gereiften Samen auf. Der Grund hierfür liegt, wie wir schon oben angedeutet haben, in der zu frühen Abnahme der Samen. Sehen wir von *Geranium* ab, so zeigen die übrigen Pflanzen nur geringe Unterschiede in dem Gewicht der in verschiedenen Richtungen zum Erdradius gereiften Samen. Meist ist das Gewicht der in verkehrter Lage entwickelten etwas kleiner gegenüber den in normaler Stellung gewachsenen Samen. Es ist ja wohl anzunehmen, dass die Assimilationsthätigkeit der in verkehrter Lage befestigten Fruchtknoten etwas beschränkt und dadurch die volle Ausbildung der Samen ein wenig beeinträchtigt wurde, was sich in einem ein wenig leichteren Gewicht der letzteren äusserte. Doch bewegen sich die Differenzen noch innerhalb der Grenzen, zwischen welchen das Gewicht normal, d. h. in ein und derselben Richtung gewachsener Samen schwankt.

Die an die Wägung sich anschliessende Untersuchung suchte festzustellen, ob bei einer Vergleichung der in normaler und verkehrter Lage zum Erdradius gereiften Samen irgendwelche Unter-

schiede im Bau des Embryo oder in seiner Lage im Endosperm vorhanden seien.

Zuerst wurden die Embryonen durch Mazeration der Samen mit Kalilauge oder bei grösserer Widerstandsfähigkeit der umgebenden Schichten mit Schulze'scher Mischung frei präparirt und makroskopisch, eventuell unter Zuhilfenahme der Lupe untersucht.

Speziell bei *Linum Austriacum* und *flavum* wurde der Winkel, welchen die Längsaxe der Wurzel mit der der Kotyledonen bildet, einer wiederholten Messung und Vergleichung unterzogen. Der Winkel schwankte bei *Linum Austriacum* für normal gewachsene Samen zwischen 14° und 26° (die diesbezüglichen Zahlen waren 21°, 19°, 16°, 16°, 19°, 26°, 16°, 18°, 22°). Der Durchschnitt betrug 19°; für Samen inverser Stellung zwischen 10° und 25° (hier waren die Zahlen 19°, 25°, 25°, 15°, 10°, 16°, 22°, 11°, 20°), der Durchschnitt = 18°. Der Differenz von 1° ist eine Bedeutung nicht beizumessen.

Bei *Linum flavum* wurde für normale Samen ein Winkel von 16°, 30°, für inverse ein solcher von 16°, 28° gefunden. Ein Durchschnitt durch die Samen von *Geranium palustre* ergab, dass sich Lücken zwischen Samenschale und Embryo gebildet hatten, letzterer erschien trocken und wenig lebensfähig.

Die mikroskopische Untersuchung erstreckte sich auf das Aussehen der Wurzel, insbesondere der Wurzelhaube, auf die Lage des Embryo im Endosperm und die Richtung seiner Längsaxe.

Bei sämmtlichen Samen ergab sich eine völlig normale Ausbildung der Wurzel und Wurzelhaube. Die Längsaxe des Embryo, manchmal gerade, manchmal etwas gebogen, liess bei den in verkehrter Lage gewachsenen Samen keine stärkere Krümmung erkennen. Die Lage im Endosperm war unverändert gegenüber derjenigen von in normaler Stellung entwickelten Embryonen.

Fassen wir die Resultate der Untersuchungen, welche sich auf etwa vorhandene äussere Unterschiede der in verschiedenen Stellungen zum Erdradius gereiften Samen erstrecken, zusammen, so ergiebt sich die Thatsache, dass ein Unterschied weder in der Lage, noch im anatomischen Bau zu finden ist, dass vielmehr der Embryo in jeder Stellung zum Erdradius seine Organe am gleichen Ort anlegt und normal ausbildet. Eine Hemmung irgend eines Organs wäre wohl denkbar gewesen, da ein derartiger Einfluss der Schwerkraft mehrfach bekannt ist. So [1]) übt diese auf die Anlage und Ausbildung von Wurzeln horizontal gelegter Sprosse auf der Oberseite einen hemmenden, auf der Unseite befördernden Einfluss aus. Bei *Marchantia* [2]) verhindert die Schwerkraft das Auswachsen der Wurzelhaare auf der Oberseite.

---

[1]) H. Vöchting, Ueber Organbildung im Pflanzenreich. Bonn 1878.
[2]) W. Pfeffer; Arbeiten d. Würzburger botan. Instituts. Band I. 1871 pag. 77.

Einen Einfluss, der sich in einer Veränderung der äusseren Form gezeigt hätte, hatte die Schwerkraft auf die in verkehrter Lage gereiften Samen nicht geübt. Damit war noch nicht bewiesen, ob diese Samen auch keimkräftig waren, und ob nicht die verkehrte Lage sich in einem Wachsthumsunterschied irgend welcher Art äusserte. Die Schwerkraft hätte ja den molekularen Aufbau des Embryo derart zu beeinflussen vermocht, dass entweder die Keimfähigkeit verloren ging oder dass sie Dispositionen in der Pflanze hervorrief, welche dieser eine andere Wachsthumsrichtung als die normale verlieh.

Um auch hierüber Aufschluss zu erhalten, wurde für die in den verschiedenen Lagen gereiften Samen die Keimfähigkeit geprüft und die weitere Entwicklung der Keimlinge beobachtet.

Zu diesem Zweck wurden Blumentöpfe mit feiner Erde gefüllt, die Fläche durch Holzstäbe in 2 beziehungsweise 3 gleich grosse Felder getheilt und auf diese die Samen ausgesät. So waren die Keimungs- und Wachsthumsbedingungen für sämmtliche Samen ein und derselben Pflanze, aber verschiedener Wachsthumsrichtung möglichst gleichmässig hergestellt.

In der folgenden Tabelle ist die Anzahl der ausgesäten, gekeimten und in der Entwicklung weiter geschrittenen Samen angegeben.

Ein Blick auf die Tabelle zeigt, dass das Keimungsprocent für die in verkehrter Lage gewachsenen Samen meist etwas höher ist als das der in normaler Richtung zum Erdradius gereiften Samen. Diese Thatsache mag ihren Grund darin haben, dass jedesmal die kräftigsten Blüten einer Pflanze zu den Umkehrungsversuchen ausgewählt wurden.

Pflanze.	Gesät				Gekeimt				Stand am 21. Novbr.		
	A	B	C		A	B	C		A	B	C
Delphinium elatum[1]	20	20	20	am 5. October	9	9	10	am 20. Oct.	3	2	3
„ *montanum*[2]	30	30	30		11	14	16		4	3	2
Geranium palustre	10		10		4		0				
Linum Austriacum[3]	25		25		0		0				
Impatiens Sultani[4]	10	10	10		5	4	4		3	2	2
Linum flavum[5]	25		25	am 15. Oct.	11		15	am 1. Nov.			
Clematis integrifolia[5]	30		30		15		20				
Pastinaca sativa[6]	6		6		3		3		1		2
Cnidium apioides[3]	35		35		0		0				

[1]) Höhe 2—3 cm. Viertes Blatt vorhanden.
[2]) Höhe 3—5 cm. Fünftes Blatt im Entstehen.
[3]) Siehe unten.
[4]) Höhe 3—4 cm.
[5]) Die Kotyledonen zeigen sämmtlich freudiges Wachsthum.
[6]) 4—5 cm hoch.

Linum Austriacum und *Cnidium apioides*, von denen nicht ein einziges Samenkorn gekeimt war, wurden mit einem sogenannten

Stainer'schen Keimapparat einer wiederholten Probe auf ihre Keimfähigkeit unterzogen. Der Apparat besteht aus einer Thonplatte mit kleinen Vertiefungen für jedes einzulegende Samenkorn; die Platte liegt in einer Glasschale, ist rings um von Wasser umspült und von einer Glasglocke mit durchbrochener Spitze bedeckt; die in Folge der Kapillarität mit Wasser gedrängte Thonplatte hält die Samen stets feucht.

Während in diesem in der Nähe eines Ofens stehenden Apparate von *Linum Austriacum* reichlich 30 Procent der gesäten Samen keimten, blieb bei *Cnidium apioides* jede Entwicklung aus.

Jedenfalls steht aber das Unterbleiben der Keimung bei letzterer Art nicht in Beziehung zu irgend einem Einfluss der Schwerkraft, da ja auch in normaler Richtung zum Erdradius gereifte Samen dasselbe Verhalten zeigten.

Das Wachsthum sämmtlicher Pflänzlinge, mögen diese ihren Ursprung in normaler oder verkehrter Lage gewachsenen Samen verdanken, ist bis heute ganz gleichartig, ein Unterschied im Aussehen unmöglich festzustellen.

Zwar haben die Pflanzen erst den kleinsten Theil ihrer Entwicklung durchlaufen, aber, wie wir behaupten können, den für die Entscheidung unserer Frage wichtigsten Theil. Denn so lange die Keimlinge ihre Nahrung dem Endosperm entnahmen, das bei verschiedener Lage der Samen zum Erdradius eine verschiedene Ausbildung erhalten konnte, wäre ein Unterschied in der Entwicklung doch eher wahrscheinlich gewesen als nachher, wo die Keimlinge unter den gegebenen äusseren für alle gleichen Bedingungen weiterwuchsen. Wir sind also zur Annahme berechtigt, dass die weitere Entwicklung sämmtlicher Pflänzlinge normal vor sich gehen wird.

Ueberblicken wir die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen, so ergiebt zunächst der erste Theil, dass die Stellung der Samenknospen und damit des Embryo zum Erdradius bei vielen Arten eine constante, bei zahlreichen anderen dagegen eine sehr wechselnde ist. Da nun der Embryo in jeder beliebigen Lage zum Erdradius sich normal entwickelt, erscheint es ausgeschlossen, dass die Schwerkraft einen maassgebenden Einfluss auf seine Entwicklung ausübt.

Dasselbe Resultat wurde durch die Experimente im zweiten Theil für solche Pflanzen festgestellt, deren Samenknospen und Embryonen eine constante Stellung zum Erdradius besitzen. Es zeigte sich, dass diese Pflanzen auch bei künstlicher Aenderung der Orientirung der Samenknospen normale Samen zu entwickeln vermögen.

Auf Grund dieser Erfahrungen sind wir berechtigt, den Satz auszusprechen, dass die Entwicklung und Gestaltung des phanerogamen Embryo unabhängig von äusseren Einflüssen, namentlich der Schwerkraft, erfolgt.

Auf eine erschöpfende Behandlung des am Anfang gestellten Themas vermag die vorliegende Arbeit allerdings keinen Anspruch

zu erheben. Doch dürfte durch dieselbe auch insofern eine gewisse Lücke ausgefüllt sein, als sich ergeben hat, dass die Bewegungen, welche zahlreiche Pflanzen nach der Befruchtung ausführen, mit einer zur Entwicklung etwa nöthigen Lagenänderung des Embryo nicht im Zusammenhang stehen. Es wird vielmehr wahrscheinlich, dass diese Bewegungen auf biologische Ursachen zurückzuführen sind.

So zeigen z. B. die Blütenköpfe von *Taraxacum officinale* [1]) an exponirten Stellen Bewegungen, welche dem Schutz gegen Störungen von aussen dienen. An Individuen aber, welche im Gedränge mit anderen Pflanzen erwachsen, welche also weniger Störungen von aussen, dagegen dem Kampf um's Dasein anderen Pflanzen gegenüber mehr ausgesetzt sind, ist eine solche Bewegung nicht wahrzunehmen.

Unterstellten wir hier einen Einfluss der Schwerkraft auf die Embryonen, so müssten wir die höchst unwahrscheinliche Annahme machen, dass die Embryonen zweier Pflanzen derselben Art je eine verschiedene Lage in Bezug auf den Erdradius zu gedeihlicher Entwicklung nöthig hätten.

Bezüglich der Frage nach dem Beginn der geotropischen Reizbarkeit des Embryo haben wir festgestellt, dass eine solche vor der Keimung nicht vorhanden ist.

---

[1]) H. Vöchting, Die Bewegungen der Blüten und Früchte. Bonn 1882. pag. 177 ff.

Erläuterung der Tafel.

Fig. 1—4 zeigen Samenknospen mit verticaler bezw. horizontaler Richtung der Längsaxe, Fig. 5—7 solche, bei welchen sie geneigt, aber constant ist; Fig. 8—10 stellt die Verschiebung der Samenknospen innerhalb des Fruchtknotens dar, während Fig. 11—13 Fruchtknoten mit beliebiger Lage der Samenknospen illustriren.

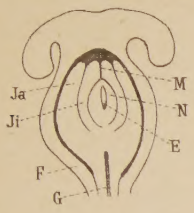
I bedeutet jedesmal Integument, Ia äusseres, Ii inneres, N = Nucellus. E = Embryosack, M = Mikropyle, S = Samenknospe, F = Fruchtknotenwand

Fig.	1.	Längsschnitt durch den Fruchtknoten von	*Rheum officinale.*
„	2.	„ „ „ „ „	*Chenopodium Quinoa.*
„	3.	„ „ „ „ „	*Valeriana officinalis.*
„	4.	„ „ „ „ „	*Berberis vulgaris.*
„	5.	„ „ „ „ „	*Caragana arborescens.*
„	6.	„ „ „ „ „	*Evonymus verrucosus.*
„	7.	„ „ „ „ „	*Myosotis palustris.*
„	8.	„ „ „ „ „	*Epilobium angustifolium.*
„	9.	„ „ „ „ „	*Vriesea involucrata.*
„	10.	„ „ „ „ „	*Vincetoxicum officinale.*
„	11.	„ „ „ „ „	*Campanula rotundifolia*
„	12.	Querschnitt „ „ „ „	„ „
„	13.	Längsschnitt „ „ „ „	*Centradenia floribunda.*

Der Pfeil gibt die Richtung des Erdradius an.
Die Spitze ist vom Erdmittelpunkt abgewandt.

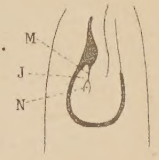
Druck von Gebr. Gotthelft in Cassel.

1.

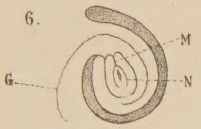


2.

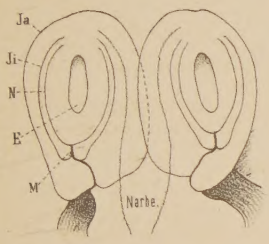
3.



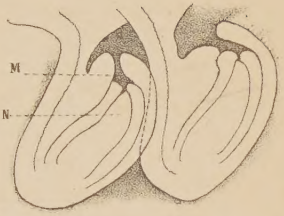
6.



4.

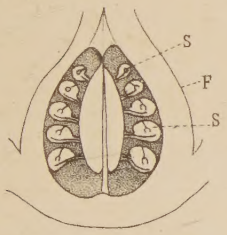


5.

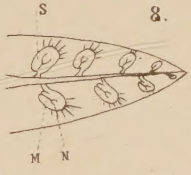


7.

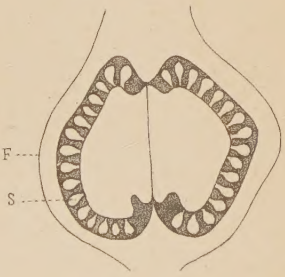
10.



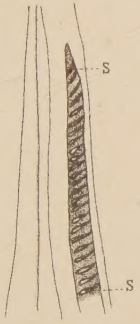
8.



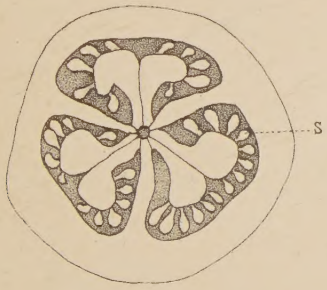
11.



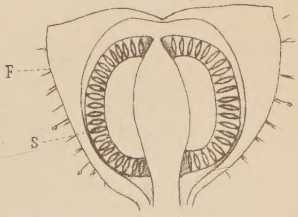
9.



12.



13.



Schmid gez.

Gbr. Gotthelft, Cassel.